

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-55045

(43)公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

H 0 3 F 1/32

識別記号

F I

H 0 3 F 1/32

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平9-212885

(22)出願日 平成9年(1997) 8月7日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 堀 一行

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 岸田 浩

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 関根 健治

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

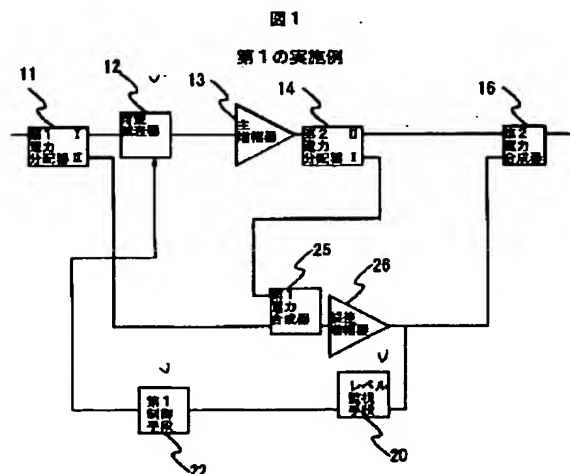
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フィードフォワード電力増幅器

(57)【要約】

【課題】主増幅器の利得が変動したときに全体の利得偏差を補正して一定利得を維持するフィードフォワード増幅器を提供する。

【解決手段】主増幅器の前段に可変減衰器を設置し、主増幅器の利得が変動した分だけ可変減衰器の減衰量も変化させることで、誤差信号を最小とする制御を行う。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】入力電力を第1・第2の2系統へ分配する第1の電力分配器と、前記電力分配器の第1の出力電力を増幅する主増幅器と、前記主増幅器の出力電力を第1・第2の2系統へ分配する第2電力分配器と、前記第2電力分配器の第1出力電力と前記第1電力分配器の第2出力電力との減算を行う第1電力合成器と、前記第1電力合成器出力電力を増幅する誤差増幅器と、前記第2電力分配器の第2出力と前記誤差増幅器の出力電力との減算を行う第2電力合成器からなるフィードフォワード電力増幅器において、前記第1電力分配器の第1の出力から主増幅器を経由して前記第2電力分配器の入力へ至る信号経路上に可変減衰器を具備し、前記第1電力合成器出力電力または前記誤差増幅器出力電力のレベル監視手段と、前記レベル監視結果に基づき前記可変減衰器の制御を行う制御手段を有することを特徴とするフィードフォワード電力増幅器。

【請求項2】請求項1記載のフィードフォワード電力増幅器において、前記第1電力分配器の第2出力から前記第1電力合成器の入力へ至る信号経路上に、信号の振幅および位相を調整する第1ベクトル調整器を具備し、前記第1電力合成器出力電力または前記誤差増幅器出力電力のレベル監視手段と、前記レベル監視結果に基づき前記第1ベクトル調整器の制御を行う制御手段を有することを特徴とするフィードフォワード電力増幅器。

【請求項3】請求項1記載のフィードフォワード電力増幅器において、前記第1電力分配器の第1の出力から主増幅器を経由して前記第2電力分配器の入力へ至る信号経路上に、信号の振幅および位相を調整する第1ベクトル調整器を具備し、前記第1電力合成器出力電力または前記誤差増幅器出力電力のレベル監視手段と、前記レベル監視結果に基づき前記第1ベクトル調整器の制御を行う制御手段を有することを特徴とするフィードフォワード電力増幅器。

【請求項4】請求項1記載のフィードフォワード電力増幅器において、前記第2電力分配器の第1の出力から前記第1電力合成器の入力へ至る信号経路上に、信号の振幅および位相を調整する第1ベクトル調整器を具備し、前記第1電力合成器出力電力または前記誤差増幅器出力電力のレベル監視手段と、前記レベル監視結果に基づき前記第1ベクトル調整器の制御を行う制御手段を有することを特徴とするフィードフォワード電力増幅器。

【請求項5】請求項1から4のいずれかに記載のフィードフォワード電力増幅器において、前記第1の電力合成器出力から誤差増幅器を経由して前記第2電力合成器へ至る信号経路上に、信号の振幅および位相を調整する第2ベクトル調整器を具備し、前記第2電力合成器出力電力のレベル監視手段と、前記レベル監視結果に基づき前記第2ベクトル調整器の制御を行う制御手段を有することを特徴とするフィードフォワード電力増幅器。

2

【請求項6】請求項1から4のいずれかに記載のフィードフォワード電力増幅器において、前記第2電力分配器の第2出力から前記第2電力合成器へ至る信号経路上に、信号の振幅および位相を調整する第2ベクトル調整器を具備し、前記第2電力合成器出力電力のレベル監視手段と、前記レベル監視結果に基づき前記第2ベクトル調整器の制御を行う制御手段を有することを特徴とするフィードフォワード電力増幅器。

【請求項7】請求項1から6のいずれかに記載のフィードフォワード電力増幅器において、前記第1電力分配器の第2出力から前記第1電力合成器の入力へ至る信号経路上に、信号を遅延させる遅延線を挿入することを特徴とするフィードフォワード電力増幅器。

【請求項8】請求項1から7のいずれかに記載のフィードフォワード電力増幅器において、前記第2電力分配器の第2出力から前記第2電力合成器の入力へ至る信号経路上に、信号を遅延させる遅延線を挿入することを特徴とするフィードフォワード電力増幅器。

【請求項9】請求項2から8のいずれかに記載のフィードフォワード電力増幅器において、前記第1ベクトル調整器の振幅調整機能が省略され、位相調整機能のみ有することを特徴とするフィードフォワード電力増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は低歪み電力増幅器、とりわけ無線通信機用高周波電力増幅器に好適なフィードフォワード電力増幅器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】フィードフォワード電力増幅器に関する従来の技術として、例えば特開平1-198809号が挙げられる。以下、上記従来技術を図4を用いて説明する。

【0003】一般にフィードフォワード電力増幅器は、誤差抽出ループと誤差除去ループの2種類の信号相殺ループから構成される。まず、誤差抽出ループについて説明する。

【0004】入力端子から入力される入力信号は、第1電力分配器11によって第1・第2の2系統へ分配される。まず、第1系統へ分配された信号は、主増幅器13によって所定の電力に増幅される。このとき、主増幅器13に用いられる能動素子の非線形性が原因で歪みが生じ、出力には誤差信号が重畳される。次に、主増幅器13の出力は、第2電力分配器14によって第1・第2の2系統へ分配される。第2電力分配器14の第1系統出力は、第1電力合成器25へと入力される。

【0005】一方、第1電力分配器11によって第2系統へ分配された入力信号は、第1ベクトル調整器23と遅延線24を経由して前記第1電力合成器25のもう1つの入力となる。第1電力合成器25は2つの入力の合成を行う機能を有している。なお、図5に示すようにベクトル調整器は可変減衰器31と可変移相器32からな

10

20

30

40

50

る。

【0006】ここで、第1電力分配器11の電力分配比率と第2電力分配器14の電力分配比率と第1ベクトル調整器23の可変減衰量とを適切に設定することで、第1電力合成器25の2つの入力信号の振幅成分を等しくすることができる。また、遅延線24の遅延量と第1ベクトル調整器23の可変移相量を適切に設定することにより、第1電力合成器25の2つの入力信号の位相成分を互いに逆位相の関係とすることができる。このような振幅同一・位相反転の条件が満足されるとき、第1電力合成器25の出力には主増幅器13で発生する歪み成分すなわち誤差信号が出力される。

【0007】しかしながら、例えば主増幅器13の温度変化や経時変化が原因となり、上記の振幅同一・位相反転の条件が崩れると、第1電力合成器25の出力には所望の誤差信号に加えて不要な主信号成分が混入する。このとき第1電力合成器25の出力信号の総合的な電力レベルは増加することになる。そこで誤差信号抽出を正確に行うため、レベル監視手段20によって誤差増幅器26の出力信号のレベル監視を行い、このレベルが最小となるように前記第1ベクトル調整器23の可変減衰量および可変移相量を調整することができる。本調整を自動的に行うため、例えばレベル監視手段20にダイオード検波器と平滑化フィルタを用いて電力レベルを直流電圧に変換し、この電圧に基づきマイクロプロセッサとAD/DA変換器から構成される第2制御手段21によって、振動法等のアルゴリズムを用いて第1ベクトル調整器23の調整を行うことができる。

【0008】次に誤差除去ループについて説明する。

【0009】第1電力合成器25によって抽出された誤差信号は、誤差増幅器26によって増幅された後、第1ベクトル調整器23と同様の構成である第2ベクトル調整器19を経由して第2電力合成器16へと入力される。

【0010】一方、第2電力分配器14の第2系統出力は、遅延線15によって遅延された後、第2電力合成器16のもう1つの入力となる。第2電力合成器16は2つの入力の合成を行う機能を有している。

【0011】ここで、誤差増幅器26の電力増幅率と第2ベクトル調整器19の可変減衰量とを適切に設定することで、第2電力合成器16の2つの入力信号の振幅成分を等しくすることができる。また、遅延線15の遅延量と第2ベクトル調整器19の可変移相量を適切に設定することにより、第2電力合成器16の2つの入力信号の位相成分を互いに逆位相の関係とすることができる。このような振幅同一・位相反転の条件が満足されるとき、第2電力合成器16の出力には主増幅器13で発生する信号から歪み成分すなわち誤差信号が除去され、低歪みの高品質な信号を得ることができる。

【0012】しかしながら、例えば誤差増幅器26の温

度変化や経時変化が原因となり、上記の振幅同一・位相反転の条件が崩れると、第2電力合成器16の出力には所望の信号成分に加えて不要な誤差信号成分が混入する。このとき第2電力合成器16の出力信号の総合的な電力レベルは増加することになる。そこで誤差信号除去を正確に行うため、レベル監視手段17によって第2電力合成器16の出力信号のレベル監視を行い、このレベルが最小となるように前記第2ベクトル調整器19の可変減衰量および可変移相量を調整することができる。本調整を自動的に行うため、例えばレベル監視手段17にダイオード検波器と平滑化フィルタを用いて電力レベルを直流電圧に変換し、この電圧に基づきマイクロプロセッサとAD/DA変換器から構成される第3制御手段18によって、振動法等のアルゴリズムを用いて第2ベクトル調整器19の調整を行うことができる。

【0013】別の方法として、パイロット信号を主増幅器13の出力に重畳し、ミキサによってパイロット信号を復調し、これを検波することによって得られる直流電圧に基づき第2ベクトル調整器19の調整を行うこともできる。パイロット信号は主増幅器13の歪み成分と同様に誤差信号であるため、第2電力合成器16の出力においては十分に抑圧することができる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、フィードフォワード電力増幅器は誤差抽出ループによって誤差信号の抽出を行い、誤差除去ループによって主増幅器出力に含まれる誤差信号を相殺することができ、低歪みの増幅信号を提供することができる。また、能動素子の温度変化や経時変化に対しては、ベクトル調整器とレベル検出手段と制御手段とを用いた自動的な制御によって、誤差抽出と誤差除去の状態を常に最適な状態に保つことができる。

【0015】しかしながら、従来技術として説明した構成を用いた場合、能動素子の温度変化や経時変化によって主増幅器の利得が変動した場合、歪み低減の効果は最適な状態に保たれるものの、系全体の利得は主増幅器の利得変動に依存して変化してしまうという問題点を有している。

【0016】本発明は上記問題点を解決するためになされたものであり、その目的は主増幅器の利得変化に起因するフィードフォワード電力増幅器の利得変動を低減し、利得の安定性が良好なフィードフォワード電力増幅器を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明においては、従来のフィードフォワード電力増幅器に、入力信号を電力分配する第1電力分配器の1出力から主増幅器を経て第2電力分配器入力へと至る信号経路上に可変減衰器を設ける。さらに、誤差抽出ループの出力に誤差信号のレベルを監視するレベル監視手段と、誤差信号レベルに基づき

10

20

30

40

50

5

前記可変減衰器を制御する制御手段を設ける。

【0018】主増幅器の利得変動に起因して誤差抽出ループの出力に主信号成分が混入し、電力レベルが上昇するので、これをレベル監視手段によって監視しつつ最小となるように、制御手段によって振動法等の手法を用いて上記可変減衰器を制御する。

【0019】

【発明の実施の形態】図1に本発明の第1の実施例を示す。図1は、入力電力を第1・第2の2系統へ分配する第1の電力分配器11と、前記電力分配器の第1の出力電力を増幅する主増幅器13と、前記主増幅器13の出力電力を第1・第2の2系統へ分配する第2電力分配器14と、前記第2電力分配器14の第1出力電力と前記第1電力分配器11の第2出力電力との減算を行う第1電力合成器25と、前記第1電力合成器25の出力電力を増幅する誤差増幅器26と、前記第2電力分配器14の第2出力と前記誤差増幅器26の出力電力との減算を行う第2電力合成器16と、前記第1電力分配器11の第1の出力と主増幅器13との間に可変減衰器12を具備し、前記誤差増幅器26の出力電力のレベル監視手段20と、前記レベル監視結果に基づき前記可変減衰器12の制御を行う制御手段22とから構成されるフィードフォワード電力増幅器である。

【0020】入力信号は、第1電力分配器11によって第1・第2の2系統へ分配される。まず、第1系統へ分配された信号は、主増幅器13によって所定の電力に増幅される。このとき、主増幅器13に用いられる能動素子の非線形性が原因で歪みが生じ、出力には誤差信号が重畳される。次に、主増幅器13の出力は、第2電力分配器14によって第1・第2の2系統へ分配される。第2電力分配器14の第1系統出力は、第1電力合成器25へと入力される。

【0021】一方、第1電力分配器11によって第2系統へ分配された入力信号は、前記第1電力合成器25のもう1つの入力となる。第1電力合成器25は2つの入力の合成を行う機能を有している。

【0022】ここで、第1電力分配器11の電力分配比率と第2電力分配器14の電力分配比率とを適切に設定することで、第1電力合成器25の2つの入力信号の振幅成分を等しくすることができる。また、主増幅器の位相反転を利用することにより、第1電力合成器25の2つの入力信号の位相成分を互いに逆位相の関係とすることができる。このような振幅同一・位相反転の条件が満足されるとき、第1電力合成器25の出力には主増幅器13で発生する歪み成分すなわち誤差信号が出力される。

【0023】第1電力合成器25によって抽出された誤差信号は、誤差増幅器26によって増幅された後、第2電力合成器16へと入力される。

【0024】一方、第2電力分配器14の第2系統出力

6

は、第2電力合成器16のもう1つの入力となる。第2電力合成器16は2つの入力の合成を行う機能を有している。

【0025】ここで、誤差増幅器26の電力増幅率を適切に設定することで、第2電力合成器16の2つの入力信号の振幅成分を等しくすることができる。また、誤差増幅器26の位相反転を利用することにより、第2電力合成器16の2つの入力信号の位相成分を互いに逆位相の関係とすることができる。このような振幅同一・位相反転の条件が満足されるとき、第2電力合成器16の出力には主増幅器13で発生する信号から歪み成分すなわち誤差信号が除去され、低歪みの高品質な信号を得ることができる。

【0026】次に、例えば主増幅器13の温度変化や経時変化が原因となり、利得変動が発生する場合について説明する。利得変動が生じると、上記誤差抽出ループの振幅同一・位相反転という条件のうち、振幅同一という条件が崩れるので、これに起因して誤差抽出ループの出力に主信号成分が混入し、第1電力合成器25の出力信号の総合的な電力レベルは増加することになる。このとき、レベル監視手段20によって誤差増幅器26の出力信号のレベル監視を行い、このレベルが最小となるように前記可変減衰器12の可変減衰量を調整することで再び振幅同一の条件が満足される。本制御を行うことにより、主増幅器13の利得変化分と可変減衰器の減衰量変化分が常に等しいような状態を維持することができる。換言すれば、主増幅器の利得偏差を前段の可変減衰器が相殺していることとなるため、主増幅器と可変減衰器からなる経路の総合的な利得を一定に保つことができる。

【0027】なお、上記調整を自動的に行うため、例えばレベル監視手段20にダイオード検波器と平滑化フィルタを用いて電力レベルを直流電圧に変換し、この電圧に基づきマイクロプロセッサとAD/DA変換器から構成される第1制御手段22によって、振動法等のアルゴリズムを用いて可変減衰器12の調整を行うことができる。

【0028】次に、図2を用いて本発明の第2の実施例について説明する。本実施例では、第1の実施例に第1ベクトル調整器23と、遅延線24と、第2制御手段21と第2ベクトル調整器19と、遅延線15と、レベル監視手段17と、第3制御手段18とを付加した構成になっている。

【0029】第1ベクトル調整器23および遅延線24は、第1電力分配器11から第1電力合成器25へ至る信号経路上に挿入し、第2ベクトル調整器19は誤差増幅器26の出力に挿入する。遅延線15は第2電力分配器14から第2電力合成器16へ至る信号経路上に挿入する。レベル監視手段17は、第2電力合成器16の出力に設ける。第2および第3制御手段は、それぞれレベル監視手段20および17の出力に基づき第1ベクトル

7

調整器 2 3 と第 2 ベクトル調整器 1 9 の調整を行う。

【0030】本実施例の歪み低減の基本的な動作は前述の第 1 の実施例と同様であるが、レベル監視手段 2 0 の監視レベルに基づき、これを最小とするように第 1 ベクトル調整器 2 3 の調整を第 2 制御手段 2 1 によって行う。また、レベル監視手段 1 7 の監視レベルに基づき、これを最小とするように第 2 ベクトル調整器 1 9 の調整を第 3 制御手段 1 8 によって行う。これにより、主増幅器 1 3 の位相特性に温度変化や経時変化が生じた場合でも、誤差抽出をより高精度に行うことができる。また、誤差増幅器 2 6 の特性に温度変化や経時変化が生じた場合でも、誤差除去をより高精度に行うことができる。

【0031】ただし、第 1 ベクトル調整器 2 3 と可変減衰器 1 2 の調整を同時に行うと、可変減衰器 1 2 の減衰量は第 1 ベクトル調整器 2 3 の可変減衰量に影響され、主増幅器 1 3 の利得偏差の補正が困難になる。そこで、秒もしくは分オーダーの適当な時間間隔で、ごく短時間だけ第 1 ベクトル調整器 2 3 の減衰量を零に設定し、その時間内のみ可変減衰器 1 2 の制御を行い、それ以外は減衰量を保持することで主増幅器の利得偏差の補正と誤差抽出ループの調整を両立させることができる。

【0032】次に、図 3 を用いて本発明の第 3 の実施例について説明する。本実施例では、第 2 の実施例における第 1 ベクトル調整器 2 3 の機能のうち、可変減衰機能が省略され、可変移相のみ行うようになっている。本実施例の歪み低減の基本的な動作は前述の第 1 の実施例と同様であり、誤差除去ループの動作は前述の第 2 の実施例と同様である。ここで、誤差抽出ループにおいて誤差信号をレベル監視手段 2 0 によって監視し、その監視レベルを最小とするように、振動法等のアルゴリズムを用いて、第 1 制御手段 2 2 と第 2 制御手段 2 1 によって可変減衰器 1 2 と可変移相器 2 7 の調整を行う。本実施例では、前述の第 2 の実施例のような、誤差抽出ループ内に可変減衰器が 2 つあるという回路的な冗長性がなく、誤差抽出と誤差除去と主増幅器の利得補正という機能を簡易な構成で実現できる。

【0033】なお、本発明は図 1 と図 2 と図 3 に示す構成に特に限定するものではなく、種々の回路変形が可能 \*

8

である。例えば、図 1 に示す主増幅器 1 3 と可変減衰器 1 2 はその順番を交換することができる。また、図 2 において第 2 ベクトル調整器 1 9 と誤差増幅器 2 6 はその順番を交換することができる。また、図 2 において第 1 ベクトル調整器 2 3 と遅延線 2 4 はその順番を交換することができる。また、図 2 における第 1 ベクトル調整器 2 3 あるいは図 3 における可変移相器 2 7 は、第 2 電力分配器 1 4 から第 1 電力合成器 2 5 へ至る信号系路上に設置することができる。もしくは、第 1 電力分配器 1 1 から第 2 電力分配器 1 4 へ至る信号系路上に設置することができる。同様に図 2 または図 3 における第 2 ベクトル調整器 1 9 は第 2 電力分配器 1 4 から第 2 電力合成器 1 6 へ至る信号系路上に設置することができる。また、従来技術として説明したように信号のレベル監視を行うためにパイロット信号を用いることができる。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、従来のフィードフォワード電力増幅器における歪み低減機能に加えて、主増幅器の利得変動をも簡易な構成にて低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例の電力増幅器のブロック図。

【図 2】本発明の第 2 の実施例の電力増幅器のブロック図。

【図 3】本発明の第 3 の実施例の電力増幅器のブロック図。

【図 4】従来例の電力増幅器のブロック図。

【図 5】ベクトル調整器のブロック図。

【符号の説明】

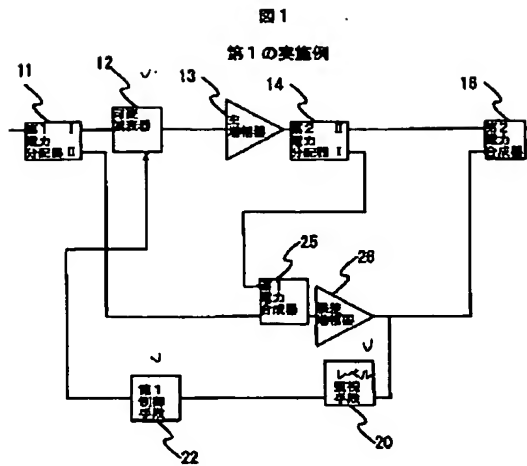
1 1 …第 1 電力分配器、1 2 …可変減衰器、1 3 …主増幅器、1 4 …第 2 電力分配器、1 5 …遅延線、1 6 …第 2 電力合成器、1 7 …レベル監視手段、1 8 …第 3 制御手段、1 9 …第 2 ベクトル調整器、2 0 …レベル監視手段、2 1 …第 2 制御手段、2 2 …第 1 制御手段、2 3 …第 1 ベクトル調整器、2 4 …遅延線、2 5 …第 1 電力合成器、2 6 …誤差増幅器、2 7 …可変移相器、3 1 …可変減衰器、3 2 …可変移相器。

【図 5】

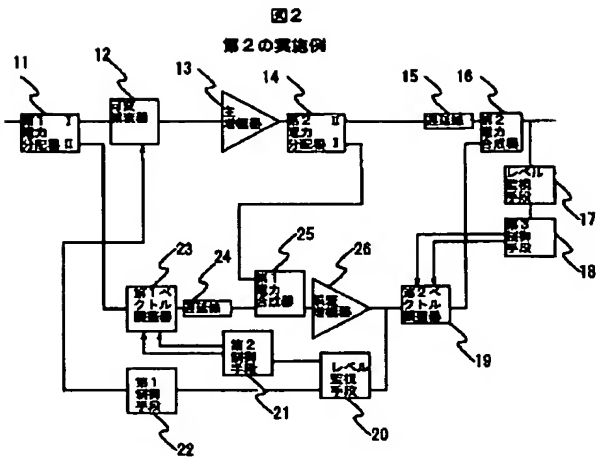
図 5  
ベクトル調整器



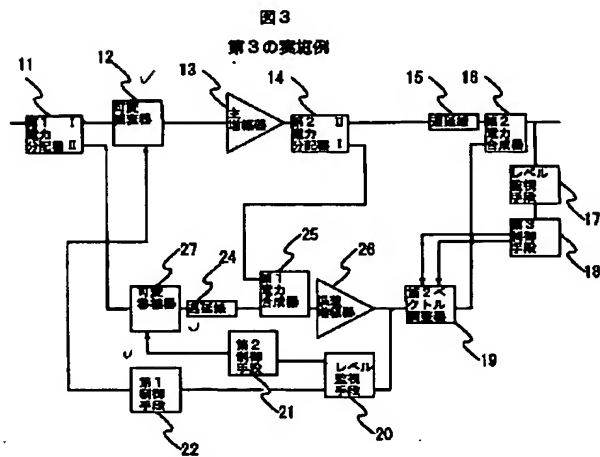
【図1】



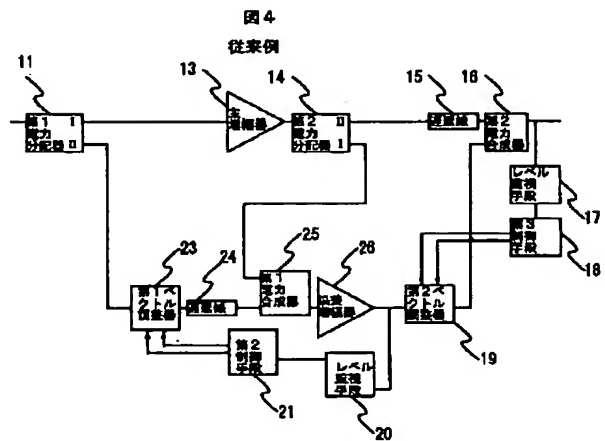
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 武井 健

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 岡部 寛

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内